

# **Universidade Federal do Rio de Janeiro**

## **INSTITUTO DE QUÍMICA**

### **RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO**

#### **CONSTRUINDO MODELOS DE ESTRUTURAS QUÍMICAS**

#### **UTILIZANDO GARRAFAS PET: UMA APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

Luis Chian

**DRE: 105140026**

Projeto final de curso apresentado ao final do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito final à obtenção do título de Licenciado em Química, sob a orientação da Prof<sup>a</sup> Cássia Curan Turci

**Rio de Janeiro, abril de 2008.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**CURSO:** Licenciatura em Química

**LICENCIANDO:** Luis Chian

**ORIENTADORA:** Cássia Curan Turci ( IQ/UFRJ )

**TÍTULO DA MONOGRAFIA:    RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO:  
CONSTRUINDO    MODELOS    DE    ESTRUTURAS    QUÍMICAS  
UTILIZANDO GARRAFAS PET: UMA APLICAÇÃO NO ENSINO  
MÉDIO**

**BANCA EXAMINADORA:**

Profa. Cássia Curan Turci ( orientadora – IQ-UFRJ ) \_\_\_\_\_

Profa. Zélia Therezinha Custódio Leite ( IQ – UFRJ ) \_\_\_\_\_

Profa. Iracema Takase ( IQ – UFRJ ) \_\_\_\_\_

Rio de Janeiro, 04 de abril de 2008.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe e à professora Cássia, pela dedicação e apoio, sem os quais este trabalho não teria sido realizado e também pela grande contribuição na sua execução;

Às Professoras Zélia e Iracema, pela compreensão e orientação ao longo desses anos;

A fé por tudo.

## Resumo

A sociedade hoje é mais consciente de que “o planeta” tem um limite para assimilar a poluição e os rejeitos. Portanto, é essencial adotarmos uma postura ambiental que possibilite a redução e a dispersão de substâncias tóxicas, o desenvolvimento de processos de reciclagem de resíduos e subprodutos, a redução do consumo de energia e a maximização da utilização de recursos renováveis na indústria.

O tema deste trabalho tem como principal foco a reciclagem/reutilização de materiais, um assunto diretamente relacionado a problemas ambientais, tais como o aquecimento global, a chuva ácida, o desmatamento de florestas, etc. Além da discussão destes assuntos, mostraremos uma aplicação direta da utilização de garrafas PET (poli-etileno tereftalato) para construir modelos de estruturas químicas, com direta aplicação no ensino de química. Com isso pretendemos despertar no aluno do ensino médio a consciência ecológica, através de práticas experimentais que envolvam conceitos químicos, em geral. Além disso, o projeto pretende despertar o senso crítico dos leitores para a educação ambiental através de um tratamento interdisciplinar das questões ambientais no âmbito escolar.

É importante mostrar aos alunos do ensino médio que a reutilização das garrafas não serve apenas para construção de brinquedos, mobílias, barcos, casas flutuantes, bijuterias e outros utensílios, mas sim estruturas químicas com aplicação no aprendizado de uma forma lúdica e motivadora para os jovens.

Na área do ensino de química, este projeto traz como grande desafio tornar o ensino de química mais dinâmico e atrativo.

## ÍNDICE

Resumo	04
Capítulo I – Considerações Gerais	06
1.1-Introdução	06
1.2-Objetivos	
Capítulo II – Temas relacionados à educação ambiental	07
2.1- O Brasil e o meio ambiente	07
2.2- O desmatamento no Brasil	08
2.3- Poluição do ar	09
2.4- Chuva ácida	10
2.5- A camada de ozônio	11
2.6- Aquecimento global	11
2.7- Poluição da água	12
2.8- A escassez de água	13
2.9- Resíduos sólidos	13
Capítulo III – O PET e sua utilização	15
3.1- Plástico – Definição	15
3.2- Processos de obtenção	16
3.3- Utilização	19
3.4- Reciclagem de plásticos	20
3.5- Exemplo de reciclagem de garrafas de PET	24
3.6- Problemas ambientais relacionados ao plástico. Existe solução?	26
3.7 -Vantagens econômicas, sociais e ambientais da reciclagem	27
3.7.1 - Econômicas e sociais	27
3.7.2 - Ambientais	27
3.8- Números da reciclagem	28
3.9 - Reciclar ou reutilizar	28
3.10 - A reciclagem e a reutilização no Brasil e no mundo	29
3.11- A reciclagem no ensino de Química	31
Capítulo V – O ensino de Química e este projeto	33
4.1- Tendências pedagógicas no ensino de química	33
4.2 - O início do projeto	35
4.3 – Utilização das cores	36
4.4 – Procedimento para construir modelos moleculares de Química	36
4.5 - Fotos das estruturas químicas feitas de garrafas PET	39
Capítulo V – Considerações finais e conclusões	42
5.1- Discussões	42
5.2- Abordagem em sala de aula	42
5.3 – Conclusões	43
Referências Bibliográficas	44

## **Capítulo I – Considerações Gerais**

### **1.1) Introdução**

Todos têm direito ao meio ambiente, impondo-se ao poder público e à coletividade o poder de defendê-lo para presentes e futuras gerações, além de promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

O tema reciclagem/reutilização no ensino de química foi escolhido como objeto de estudo neste trabalho, pois além de despertar os alunos para as questões ambientais, servirá para mostrar como aproveitar materiais do lixo para fazer arte na química.

O projeto tem como principal objetivo a construção de modelos de estruturas químicas a partir de garrafas PET, uma forma econômica e importante para produzir conjuntos de baixo custo que poderão ser utilizados em aulas de química. Com este projeto, os alunos perceberão uma outra utilidade das garrafas PET na área da química e, conseqüentemente, os alunos poderão aprender sobre as formas geométricas, os tipos de ligações químicas, a disposição dos átomos na estrutura molecular, isomeria, simetria molecular, etc.

### **1.2) Objetivos**

O tema reciclagem no ensino de química foi escolhido como objeto de estudo neste trabalho, pois além de ensinar aos alunos o motivo para reduzir e amenizar o impacto ambiental e aumentar a qualidade de vida no planeta, no presente e, principalmente, no futuro, poderemos ensinar como aproveitar materiais do lixo para fazer arte na química.

O objetivo deste projeto é ensinar aos alunos uma nova forma da reutilização das garrafas PET para montar estruturas de substâncias químicas e despertar a sua criatividade.

Este tipo de projeto incentiva o estudante a querer aprender, imaginar, criar, construir e se divertir com as moléculas de PET.

## **Capítulo II - Temas relacionados à educação ambiental**

### **2.1) O Brasil e o meio ambiente**

A contaminação da natureza não começou exatamente em nossa época. Quando o homem das cavernas cozinhava sobre o fogo, deixava fragmentos e resíduos que são analisados ainda hoje pelos arqueólogos, dando pistas sobre o passado. Os cacos de cerâmica, de fato, são os primeiros não biodegradáveis da humanidade. Estas fontes de importantes descobertas sobre o passado têm revelado a arte, o artesanato e crenças religiosas, que teriam sido desconhecidas hoje por nós se tivessem sofrido degradação. São os grandes tesouros da sociedade antiga, uma vez que os restos de uma civilização freqüentemente revelam a glória de uma civilização antiga.

A maioria das coisas por fim se decompõem com o passar do tempo, já que a natureza é a maior decompositora. Desta forma, estruturas de mármore, monumentos, catedrais medievais, pinturas e vitrais estão todos se degradando, sendo que estes processos são agilizados por nossas próprias contribuições para a poluição do ar e da água. Através da chuva ácida, por exemplo, são rapidamente decompostas as estruturas de mármore, monumentos antigos etc. Para retardar ou reverter estes processos de decomposição, todo um novo campo tecnológico se desenvolveu, com o objetivo de salvar a nossa história.

O meio ambiente é um complexo de relações entre o mundo natural e o ser vivo, às quais influem na vida e no comportamento do mesmo ser vivo. Mas agora, os cientistas estão preocupados com o esgotamento dos recursos que a terra oferece. Por isto, estão pesquisando alternativas como reciclagem, energias alternativas e combustíveis alternativos e outros projetos para amenizar o esgotamento dos recursos naturais.

Quando a civilização antiga acaba, a cultura e os seus costumes terminam junto com a civilização. E isso prejudica a sociedade de modo geral. A sociedade como um todo desconhecerá a cultura e os costumes dessa civilização.

## 2.2) O desmatamento no Brasil

Desde a descoberta do Brasil houve um desmatamento de florestas continuada, por causa dos diversos ciclos econômicos como pau-brasil, cana-de-açúcar, algodão, café, cacau etc, que são produtos de exportação. Mesmo depois dos diversos ciclos econômicos, a atividade predatória é ainda hoje muito presente. A ação das madeireiras, a expansão das fronteiras agrícolas e a pecuária não sustentável continuam a causar grandes impactos ambientais.

A destruição das florestas, sobretudo em razão das atividades agropecuárias e mineradoras, tem provocado a desertificação de grandes áreas em algumas regiões brasileiras. No Nordeste, uma extensão de terra equivalente a quatro vezes o Estado do Rio de Janeiro está em processo de desertificação acelerado. Marcada pela perda gradual de fertilidade biológica do solo, a desertificação nessas regiões é resultado sobretudo do cultivo inadequado da terra associado a variações climáticas locais e a característica do solo, pedregoso ou impermeável, com evaporação elevada por causa das altas temperaturas do clima semi-árido.

A desertificação pode ser revertida com a reintrodução de plantas nativas que impeçam a continuidade do processo de erosão dos terrenos.

Hoje, o mundo só tem dois quintos da cobertura vegetal. A maior parte da cobertura vegetal está na Floresta Amazônica e mesmo assim, hoje em dia, a floresta sofre desmatamentos cada vez mais elevados para dar lugar às novas agriculturas e às indústrias de mineração. Além disso, a floresta sofre saques, queimadas e desmatamentos por causa das carvoarias e das indústrias madeireiras.

A Floresta Amazônica sofre também de biopirataria, que causa prejuízos enormes para o Brasil. Saques de plantas medicinais, de aracnídeos, de sapos, de cobras etc são comuns para a obtenção dos venenos desses animais para as indústrias multinacionais farmacêuticas. O Brasil sofre pela sua ineficiência na fiscalização da Floresta Amazônica. É por causa disso, que o Brasil tem que pagar caro pelos remédios produzidos pelas multinacionais farmacêuticas.

A Amazônia tem muitos recursos minerais e vegetais. A fauna e a flora também são



riquíssimas. É por isso que os países desenvolvidos e as multinacionais farmacêuticas têm interesse pela Floresta Amazônica.

### **2.3) Poluição do ar**

Nos tempos modernos de hoje, as cidades estão em constante crescimento e expansão para o interior. No entanto, este crescimento teve um preço a pagar, porque houve crescimento desordenado das moradias como, por exemplo, as favelas, que cada vez mais estão crescendo desordenadamente e invadindo os últimos redutos dos parques florestais, por exemplo, a floresta da Tijuca.

Este fenômeno de favelização só ocorre nos países em desenvolvimento. A favelização proveio dos problemas sociais, como o processo do desemprego e do êxodo rural, já que muitos trabalhadores rurais foram expulsos de suas terras por causa de seca ou expansão das propriedades latifundiárias.

Com o crescimento das cidades urbanas e desordenadas, há problemas de saneamento básico e sanitário, falta de infra-estrutura e falta organização dos órgãos governamentais. Com o crescimento das cidades há o crescimento dos números de automóveis, ônibus, caminhões, vans e caminhonetes que usam combustíveis como a gasolina, álcool e óleo diesel ( para os caminhões e ônibus). A descarga dos gases, da queima dos combustíveis fósseis para a atmosfera, causa um grande dano à saúde humana e um grande aumento da poluição do ar.

Os gases como monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, compostos de enxofre e outros são os principais poluentes de trânsito. Quando o monóxido de carbono entra na respiração humana e na circulação sanguínea forma complexo com o ferro da hemoglobina. Esta é uma ligação muito forte e o oxigênio é substituído rapidamente pelo monóxido de carbono. A ligação entre a molécula da hemoglobina com o oxigênio é fraca. E com isso a pessoa sente tontura, dor de cabeça, náusea e outros sintomas.

Para aliviar a poluição do ar, as indústrias automobilísticas produziram e acoplaram o

catalisador ao cano da descarga desses gases. O catalisador transforma os gases poluentes em vapor d' água , nitrogênio, dióxido de carbono. As indústrias construíram o mesmo sistema nas saídas das chaminés, onde saem os gases. Nem todas as indústrias utilizam-se desta tecnologia, porque é um processo muito caro.

## **2.4) Chuva ácida**

A chuva ácida é originada da poluição do ar, através da queima dos combustíveis fósseis e das indústrias.

A chuva ácida é mais intensa nas áreas mais industrializadas como nos EUA, Europa em algumas áreas industrializadas da Ásia. Na Ásia existe uma nuvem negra que cerca quase toda sua área, como a China, Japão e os países conhecidos como plataforma de exportação. Esta nuvem negra apareceu há anos desde a década de noventa até agora. A nuvem negra é causada pela industrialização intensa e rápida, com o objetivo de desenvolver as atividades econômicas e crescimento rápido. Com a ambição dos empresários não houve prevenções e infra-estrutura contra esta poluição ameaçadora.

Os principais poluentes da chuva ácida são ácidos fortes e fracos que provêm das intensas atividades industriais.

O dióxido de carbono pode reagir com vapor d'água ou água líquida dos rios e dos mares, formando ácido carbônico, que é um ácido fraco e pode abaixar o pH para ácido.

O nitrogênio e o oxigênio podem reagir para formar óxido nitroso, NO, nos motores de combustão interna dos automóveis e nas indústrias. O óxido nitroso, NO, não é muito solúvel em água, mas pode ser oxidado no ar para formar dióxido de nitrogênio. O dióxido de nitrogênio reage com a água, formando ácido nítrico.

O dióxido de enxofre é produzido como subproduto da queima de combustíveis fósseis. O dióxido de enxofre combina-se diretamente com a água para formar ácido sulfuroso. Mas na presença de matéria particulada e aerossóis, o dióxido de enxofre reage com o oxigênio da

atmosfera para formar trióxido de enxofre, que por sua vez, em vapor d'água, forma o ácido sulfúrico.

A chuva ácida é tão devastadora, que causa prejuízos e danos, como por exemplo:

- \* Modifica e abaixa o pH para ácido das lagoas e do solo, prejudicando assim a sobrevivência dos peixes dessas lagoas;
- \* Causa corrosão das estruturas metálicas, corrosão do concreto e das estátuas;
- \* Causa danos e prejuízos para a saúde humana;
- \* Modificargeneticamente as plantas.

## **2.5) A camada de ozônio**

A camada de Ozônio, composta de um gás rarefeito, o ozônio, vinha impedindo, há milhões de anos, a passagem dos raios ultravioletas do sol. Os raios ultravioletas do sol que têm o poder de reduzir a capacidade de fotossíntese dos vegetais, prejudicam o sistema imunológico do homem, e podem provocar câncer de pele e doenças nos olhos, como a catarata.

A destruição dessa camada se deve à emissão de poluentes no ar, sendo o cloro presente em clorofluorcarbonetos (CFCs) seu principal reagente. Este produto é usado como propelente de sprays, em chips de computadores e, principalmente, em aparelhos domésticos, como geladeira e ar condicionado. Um novo reagente que pode destruir a camada de ozônio é o brometo de metila, inseticida utilizado em plantações de tomate e morango que é muito mais nocivo que o CFC, apesar de existir em menor quantidade.

## **2.6) Aquecimento global**

Hoje em dia, está na moda falar sobre o aquecimento global. No entanto, há muitos anos os cientistas vêm alertando sobre o perigo do acúmulo dos gases poluentes em excesso na atmosfera, causado pelas indústrias, pela queima dos combustíveis fósseis e pela queimada de florestas para a expansão da agricultura latifundiária.

O excesso de gases, como o gás carbônico, o metano, o óxido nítrico, os clorofluorcarbonetos e vapor d'água, provocam formação de uma espécie de camada de proteção que impede a saída e a troca de calor com a atmosfera, aumentando a temperatura média da Terra.

O aquecimento global é causado pelos gases poluentes acumulados na atmosfera que absorvem os raios infravermelhos, que são irradiados pela Terra e assim, estes raios não voltam para o espaço, ficam retidos nesta camada de gases poluentes. O sol emite raios ultravioletas para a Terra e a Terra irradia para o espaço raios infravermelhos.

Além disso, há outros efeitos já percebidos: elevação do nível do mar, tempestades e chuvas mais frequentes e erosão do solo. Sem o efeito estufa na atmosfera a vida não seria possível na Terra. Ao impedir o retorno ao espaço de todo o calor irradiado pela Terra, o dióxido de carbono e outros componentes dessa cortina gasosa na verdade permitem que o clima em nosso planeta seja propício à vida.

Com o aquecimento global, a temperatura média da Terra está aumentando, com vários efeitos ocorrendo, tais como:

- O derretimento do gelo no Pólo Norte e na Antártica, causando assim, o aumento do nível do mar;
- O desaparecimento de alguns animais e plantas;
- O desaparecimento dos corais no Pacífico Sul e no Caribe;
- Mudanças climáticas como furacões em algumas regiões que nunca tiveram este incidente e chuvas por períodos longos;
- Desertificação em algumas regiões do planeta;
- Aparecimento de novas doenças respiratórias;
- Escassez de água potável.

## **2.7) Poluição da água**

Lagos e rios poluídos pelas cidades que despejam toneladas de esgotos não tratados, causam

proliferação de bactérias ou algas azul-esverdeadas que consomem e retiram todo o oxigênio das lagoas e rios, matando os peixes por asfixia.

O Brasil é um país privilegiado, porque possui muitos rios de água doce e a maior bacia hidrográfica do mundo que é o Rio Amazonas.

Aqui no Brasil, tem-se o privilégio de lavar a calçada, o carro, o muro etc com a mangueira aberta por horas e horas. Na Europa essas ações não são permitidas, levando à pena de prisão e multa.

## **2.8) A escassez de água**

Outro grave problema que afeta todo o planeta e tende a se agravar é a falta de água potável para atender a população do mundo. Diversos são os fatores que explicam a crescente escassez de água doce: o uso intensivo na agricultura irrigada, o aumento do desmatamento, a contaminação de rios e lagos por esgotos não tratados e o desperdício protagonizado pelos países ricos e por alguns países em desenvolvimento.

Recentemente, ocorreu um acidente de vazamento de bilhões de litros de produtos tóxicos mantidos em um reservatório da indústria de Cataguases de papel contaminando o rio Pomba, em Minas Gerais, e atingindo o rio Paraíba do Sul, o mais importante do Estado do Rio, que abastece todo o norte fluminense. O abastecimento de água de parte dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro foi cortado devido à poluição da água. A espuma tóxica, composta por soda cáustica, chumbo, enxofre, lignina, sulfeto de sódio e antraquinona, deixou em seu rastro toneladas de peixes mortos, e um prejuízo enorme para a população.

## **2.9) Resíduos sólidos**

A poluição do solo é causada pela falta de infra-estrutura de tratamento de esgoto sanitário, pela falta de saneamento básico e pelo lixo jogado nas matas, florestas e em lugares que falta poder público ou não há nenhuma autoridade que tome providências. Isto leva à proliferação dos

mosquitos, moscas, baratas, ratos e de outros animais, causando inúmeras doenças.

O problema do lixo é crescente e antigo. Quanto mais as cidades se desenvolvem e crescem, mais lixo será acumulado, e não vejo outra saída senão a diminuição do consumo e a reciclagem do lixo.

A idéia da reciclagem apareceu na década de setenta na Europa, nos EUA e no Canadá. A reciclagem só apareceu na década de oitenta no Brasil. Além da reciclagem do lixo, o lixo orgânico separado dos outros lixos é utilizado para produzir gases combustíveis como metano e produzir também energia elétrica.

Nos últimos anos, tem crescido a preocupação com materiais tóxicos , como pilhas, bateria de telefone celular, pneus e catalisadores de automóveis, que, quando jogados fora, podem aumentar os problemas sanitários e de contaminação. A pilha, por exemplo, contém metais, como o zinco e o mercúrio, extremamente prejudiciais à saúde. Além disso, surgiu nos últimos anos o problema do lixo digital, que são computadores obsoletos e seus derivados, ou que foram danificados. Muitas peças desses computadores trazem metais pesados, como mercúrio, níquel, chumbo, arsênio e cádmio, todos tóxicos.

## Capítulo III – O PET e a sua utilização

### 3.1) Plástico - Definição

Plástico é todo composto sintético ou natural que tem como ingrediente principal uma substância orgânica de elevado peso molecular. Em seu estado final é sólido, mas em determinada fase da fabricação pode comportar-se como fluido e adquirir outra forma. Em geral, os plásticos são materiais sintéticos obtidos por meio de reações de polimerização. O nome plástico vem do grego plastikos, maleável. Os polímeros, moléculas básicas dos plásticos, estão presentes em estado natural em algumas substâncias vegetais e animais como a borracha, a madeira e o couro.

A matéria-prima do plástico é o petróleo, que é formado por uma mistura de substâncias orgânicas com pontos de ebulição diferentes.

Estas substâncias, chamadas derivados do petróleo, são separadas através do processo de destilação fracionada. A fração nafta é conduzida para as centrais petroquímicas, onde passa por processamentos dando origem a monômeros como, por exemplo, o eteno ou etileno. Apenas 4% do petróleo extraído é suficiente para atender a produção de plásticos.

Estes monômeros apresentam obrigatoriamente pelo menos uma dupla ligação entre átomos de carbono. No processo de polimerização a dupla ligação se rompe, formando ligação simples.

O mecanismo químico de formação dos plásticos recebe o nome de polimerização e consiste na construção de grandes cadeias de carbono, cheias de ramificações, nas moléculas de certas substâncias orgânicas. A molécula fundamental do polímero, o monômero, se repete um número elevado de vezes até chegar a um estágio satisfatório.

As numerosas substâncias plásticas existentes, naturais ou artificiais, são classificadas em dois grandes grupos, chamadas de termoplásticas e termorrígidas devido a seu comportamento ante as variações de temperatura.

Os materiais termoplásticos são substâncias caracterizadas por sua propriedade de mudar de forma sob a ação do calor, o que permite seu tratamento e moldagem por meios mecânicos. Com o

resfriamento, esses materiais recuperam sua consistência inicial. Entre eles estão os derivados da celulose, os polímeros de adição e os polímeros de condensação.

Materiais termorrígidos são plásticos termoe estáveis que se amoldam por aquecimento, mas depois de um certo tempo adquirem uma estrutura peculiar na qual endurecem rapidamente e se convertem em materiais rígidos que, se aquecidos em excesso, se carbonizam antes de recuperar a maleabilidade. E também, uma vez moldados não podem ser fundidos e remoldados novamente, portanto não são recicláveis mecanicamente.

### **3.2) Processos de obtenção**

Os processos de preparação de polímeros apresentam uma série de características distintas, das quais as principais são: tipo de reação, mecanismo da reação, velocidade de crescimento e formação de subprodutos micromoleculares.

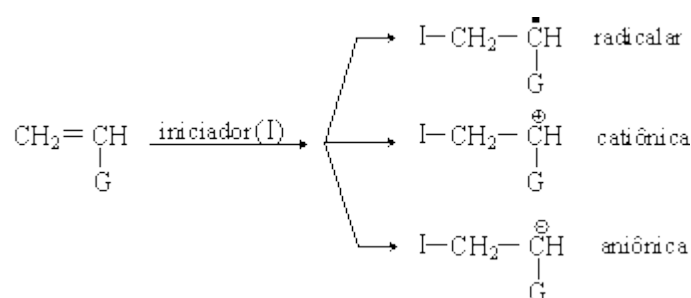
Quanto ao tipo de reação, a polimerização pode envolver reações de adição, ou poliadições e reações de condensação, ou policondensação. Os polímeros de adição em geral têm a cadeia regularmente constituída por apenas átomos de carbono, ligados covalentemente; por exemplo, polietileno, poliestireno e polimetacrilato de metila. Os polímeros de condensação apresentam em sua cadeia principal não apenas átomos de carbono, mas também átomos de outros elementos, como oxigênio, nitrogênio, enxofre, fósforo, etc; por exemplo, politereftalato de etileno.

Considerando o mecanismo envolvido no processo, a poliadição é uma reação em cadeia, apresentando três diferentes componentes reacionais: a iniciação, a propagação e a terminação, todos com velocidade e mecanismo diferentes. A policondensação é uma reação em etapas, em que não há distinção reacional entre o início da formação do polímero e o crescimento macromolecular, ou a interrupção deste crescimento.

A iniciação de uma polimerização em cadeia pode ser induzida pelo calor, por agentes químicos (iniciadores), por radiação ( ultravioleta e raios gama ) e por catalisadores. A iniciação por calor ou radiação proporciona uma homólise da ligação dupla do monômero, levando a um

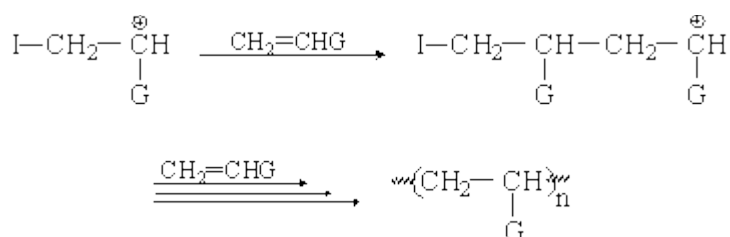


mecanismo de reação via radicais livres. Já a iniciação química, que é a mais empregada na indústria, pode ser conduzida por iniciadores que provocam uma homólise ou heterólise desta ligação. Logo, a polimerização pode ocorrer através de radicais livres, via catiônica, via aniônica ou por compostos de coordenação. Caso a polimerização seja iniciada por um iniciador radicalar é chamada de polimerização radicalar; caso o iniciador seja um cátion denomina-se catiônica, se o iniciador for um ânion, a polimerização é dita aniônica (figura 1). No caso da polimerização por coordenação, os catalisadores utilizados são complexos constituídos por compostos de transição e organometálicos, como os catalisadores Ziegler-Natta. Este tipo de catálise homogênea é aplicado somente a monômeros apolares, possuindo, como vantagem, a obtenção de polímeros esteorregulares.



**Figura 1 - Reações de iniciação de uma polimerização em cadeia**

Durante a propagação, a espécie reativa gerada na iniciação ( radical livre, cátion ou ânion ) incorpora sucessivamente moléculas do monômero, formando a cadeia polimérica (figura 2). Esta etapa da polimerização em cadeia é muito importante, pois, a velocidade da polimerização é influenciada diretamente pela velocidade de propagação.



**Figura 2 - Propagação de uma polimerização em cadeia catiônica**

Na terminação, o centro reativo propagante reage de modo espontâneo ou pela adição de algum reagente, interrompendo a propagação do polímero. Geralmente, a terminação da polimerização radicalar ocorre por reações de combinação, desproporcionamento ou transferência de cadeia. Já a polimerização catiônica é terminada pela adição de traços de umidade, enquanto a polimerização aniônica termina quando se adicionam ao sistema substâncias doadoras de prótons como, por exemplo, álcoois e ácidos.

As polimerizações em cadeia podem sofrer reações de inibição ou retardamento. Na inibição, a polimerização sofre uma interrupção, impedindo a propagação da cadeia, que volta a polimerizar após o total consumo do inibidor. Os inibidores são utilizados industrialmente para se evitar a polimerização de alguns monômeros durante sua armazenagem e transporte. Os inibidores mais empregados são o nitrobenzeno, o m-dinitrobenzeno, a hidroquinona, o p-t-butil-catecol, a b-naftilamina, a difenil-picril-hidrazina (DPPH) e o oxigênio. No retardamento, a velocidade da polimerização diminui pela ação de substâncias chamadas de retardadores.

As polimerizações em etapas ocorrem por um mecanismo catiônico ou aniônico, em que as reações componentes (iniciação, propagação e terminação) não possuem diferenças, ou seja, se processam com a mesma velocidade e com o mesmo tipo de reação.

A polimerização, neste caso, ocorre de forma similar às reações de algumas moléculas de baixo peso molecular e, portanto, está sujeita à interferência de impurezas ou à ciclização da cadeia propagante ou do monômero, que competem com a polimerização.

Outra característica importante das polimerizações em etapas é que, dependendo da funcionalidade do monômero usado, o polímero pode ser linear, ramificado ou até mesmo possuir ligações cruzadas.

Além das polimerizações em cadeia e em etapas, os polímeros podem ser obtidos através de reações de modificação química, ou seja, grupos presentes em um polímero podem reagir originando outros polímeros. Um dos exemplos mais conhecidos da modificação química de um

polímero é a obtenção do poli(álcool vinílico). Este polímero é obtido através da hidrólise do poli(acetato de vinila), já que o álcool vinílico não existe.

Em relação ao crescimento da macromolécula, na poliadição, uma vez iniciada a cadeia, o crescimento é muito rápido, com alto grau de polimerização obtido logo no início do processo, mesmo com pouca conversão, isto é, a formação de produtos pelo consumo dos monômeros. Na policondensação, a conversão de monômero em produtos é alta, porém o crescimento da cadeia polimérica é vagaroso, estatístico, e a cadeia somente alcança peso molecular elevado após o tempo suficiente para a intercondensação dos segmentos menores (oligômeros) formados.

Quanto à formação de sub-produtos, na poliadição as espécies que reagem têm centros ativos, que podem ser radicais livres, íons ou sítios de formação de complexos de coordenação. Os centros ativos acarretam um crescimento rápido e diferenciado, resultando desde o princípio cadeias de altos pesos moleculares, em mistura a moléculas de monômeros não-reagido. Não há formação de subprodutos. Na policondensação, as reações são em geral reversíveis e o crescimento da cadeia depende da remoção dos subprodutos, que são micromoléculas, como  $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $NH_3$ , etc. À medida que os segmentos moleculares vão sendo incorporados, o meio reacional se torna cada vez mais viscoso, o que dificulta ou mesmo impede a remoção desses subprodutos, e prejudica o deslocamento do equilíbrio reacional. Assim, o peso molecular atingido nas policondensações é usualmente uma ordem de grandeza menor do que nas poliadições.

### **3.3) Utilização**

Os plásticos são utilizados em quase todos os setores da economia, tais como: construção civil, agrícola, de calçados, móveis, alimentos, têxtil, lazer, telecomunicações, eletroeletrônicos, automobilísticos, médico-hospitalar e distribuição de energia.

Nestes setores, os plásticos estão presentes nos mais diferentes produtos, a exemplo dos geossintéticos, que assumem cada vez maior importância na drenagem, no controle de erosão e reforço do solo de aterros sanitários, em tanques industriais, entre outras utilidades.

O setor de embalagens para alimentos e bebidas vem se destacando pela utilização crescente dos plásticos, em função de suas excelentes características, entre elas: transparência, resistência, leveza e atoxicidade.

### **3.4) Reciclagem de plásticos**

Hoje o plástico está presente de forma marcante em nossas vidas. As diversas vantagens que apresenta como fácil processamento, baixo custo de produção e suas características químicas e físicas, permitem a utilização dos plásticos nas mais diversas áreas. Entretanto, a durabilidade e resistência química dos plásticos causam problemas ambientais, já que sua degradação química e biológica é muito lenta.

O lixo plástico ocupa um grande espaço no refugo devido à sua elevada razão volume/peso, além de possuir problemas quanto à queima, pois, dependendo do polímero, pode haver a eliminação de gases nocivos para a atmosfera, como por exemplo, o cloreto de hidrogênio liberado na incineração do PVC.

Atualmente, um dos métodos mais empregados para diminuir o problema do lixo plástico é a reciclagem.

Geralmente, a reciclagem só é aplicada a termoplásticos, pois, os termorrígidos e os elastômeros não podem ser fundidos uma segunda vez. Em alguns casos, esses materiais são reaproveitados como carga finamente moída.

Um dos maiores problemas da reciclagem dos plásticos é que estes geralmente se encontram misturados ou contaminados por resíduos e sujeiras. Os resíduos presentes nos plásticos são fundidos como corpos estranhos, causando a redução na qualidade do produto reciclado. A identificação e separação dos polímeros misturados são processos difíceis e trabalhosos, mas muito importante na reciclagem, pois a incompatibilidade entre os plásticos e a presença de vários aditivos interfere nas características finais do produto.

Estes problemas podem ser reduzidos através da coleta seletiva realizada no próprio

domicílio ou em postos de coleta, onde o plástico descartado é separado dos outros rejeitos presentes no lixo(vidro, metal, papel/papelão ), limpo e armazenado. A separação do lixo plástico também pode ser realizada em usinas de triagem. Atualmente, várias embalagens e artefatos possuem impressos em sua superfície símbolos que facilitam a separação dos diversos tipos de plásticos.

Os polímeros podem ser reciclados através de quatro tipos de processos: reciclagem primária, secundária, terciária ou quaternária.

Na reciclagem primária rebarbas, aparas, borras, peças defeituosas e fora de especificação das linhas de produção da própria fábrica são reaproveitadas após serem moídas, originando produtos com características idênticas ao fabricado a partir do polímero virgem. Entretanto a reutilização sucessiva do plástico reciclado causa degradação do material, diminuindo a sua qualidade.

A reciclagem secundária consiste no reaproveitamento dos rejeitos plásticos encontrados no lixo, que são tratados, granulados e reprocessados. Neste tipo de reciclagem, os produtos obtidos apresentam características inferiores às da resina virgem. Geralmente, os produtos reciclados por esta técnica são utilizados em aplicações que requeiram poucas exigências quanto a suas propriedades mecânicas e coloração, como por exemplo: sacos de lixo, embalagens não-alimentícias, conduítes, solados, mangueiras, componentes de automóveis e pisos.

Tanto a reciclagem primária como a secundária são realizadas manualmente e portanto são classificadas genericamente como reciclagem mecânica.

As etapas básicas desta forma de reciclagem são: sistema de coleta dos descartes, separação e triagem dos diferentes tipos de plástico, limpeza para retirada de contaminantes e reprocessamento.

O processo de reciclagem compreende basicamente as seguintes fases:

- Separação – Triagem por tipos de plásticos. Nesta etapa também são separados os rótulos, tampas de garrafas, grampos etc.

- Moagem – Os plásticos são fragmentados em pedaços.
- Lavagem – Lavagem com água para a retirada de contaminantes.
- Aglutinação – O material é compactado e transformado em uma massa plástica.
- Revalorização – A massa plástica vai para uma extrusora, de onde sai sob a forma de um espaguete, que é resfriado e em seguida transformado em grânulos.
- Transformação – Processamento para geração de novos produtos a partir dos materiais revalorizados ( grânulos ).

Na separação manual, os plásticos misturados passam através de uma esteira transportadora onde são separados conforme o seu aspecto visual ou identificação. No moinho (moagem), o plástico duro é triturado por facas produzindo um material fragmentado. Esses moinhos são dimensionados de acordo com a capacidade e potência necessária para processar um dado tipo de rejeito e são responsáveis pela determinação da granulometria do material. O processo de lavagem visa remover os contaminantes dos plásticos antes da etapa de separação.

Geralmente a aglutinação é empregada na reciclagem de filme plástico. A aglutinação é responsável pela compactação do material que posteriormente irá para a extrusora e em alguns casos é usada para se incorporarem aditivos. Neste equipamento, o material é cortado entre facas rotativas e seu atrito contra as paredes do tambor causa a elevação da temperatura e, conseqüentemente, a plastificação do polímero. O plástico fundido é solidificado após sofrer um choque térmico ao introduzir uma certa quantidade de água no aglutinador.

Várias técnicas e equipamentos podem ser empregados na separação dos resíduos plásticos, porém, o alto custo destes, muitas vezes inviabiliza a sua utilização. Um dos processos de separação se baseia na imersão do plástico moído em soluções de densidades diferentes. O ajuste da densidade destas soluções está diretamente relacionado com as densidades dos plásticos que deverão ser separados. Logo, uma parte do material ficará flutuando na superfície da solução enquanto a outra se depositará no fundo do tanque. Normalmente a densidade das soluções é controlada pela mistura de álcool ou sais com água.

Na extrusora, o material plástico é fundido e sai da matriz na forma de um espagete contínuo que, em seguida, é granulado em um picotador e finalmente estocado. Após a reciclagem, o material polimérico pode ser submetido às técnicas usuais de processamento de polímeros, como a injeção, calandragem, extrusão, moldagem por sopro ou termoformação.

Os principais termoplásticos reciclados por este método são o PE, o PP e o PET.

A reciclagem terciária ou química tem como objetivo transformar os resíduos plásticos em monômeros, oligômeros, misturas de hidrocarbonetos e outros compostos, que poderão ser reutilizados como produtos químicos em refinarias ou centrais petroquímicas. Geralmente os monômeros são repolimerizados produzindo novos plásticos com a mesma qualidade do polímero original. A decomposição dos polímeros é realizada química ou termicamente, através de hidrogenação, quimólise ( hidrólise, alcoólise ou glicólise ) ou pirólise. Esta técnica permite processar uma mistura de plásticos reduzindo custos de pré-tratamento, custos de coleta e seleção.

Hidrogenação é uma reação química de adição de hidrogênio a um composto, mediante utilização de hidrogênio gasoso, na presença ou não de catalisadores.

Glicólise consiste em uma quebra de uma molécula pela ação da mistura de glicol e metanol.

Pirólise consiste em uma decomposição química de uma substância pela ação do calor.

Na reciclagem quaternária ou energética a energia dos resíduos plásticos é recuperada através de processos térmicos. O calor gerado neste processo pode ser transformado em energia elétrica e em aquecimento, além deste tipo de reciclagem diminuir de 70 a 90% a massa do material no lixo. Este método também reduz o uso de combustíveis, já que a energia contida em 1 kg de plástico é equivalente à contida em 1 kg de óleo combustível. O elevado poder calorífico dos plásticos aumenta o rendimento da incineração dos resíduos o que facilita o processo. Os gases provenientes da queima do resíduo plástico devem ser tratados por filtros especiais antes de serem emitidos para a atmosfera a fim de se evitarem problemas ambientais. Outro inconveniente desta técnica é o alto custo do forno empregado na incineração.

### 3.5) Exemplo de reciclagem de garrafas de PET

O PET, obtido através do processo de policondensação descrito anteriormente, possui viscosidade intrínseca na faixa de 0,58-0,67 dl/g e pode ser usado em aplicações como fibras e filmes. Para a produção de garrafas é necessário que o polímero atinja uma viscosidade intrínseca de pelo menos 0,7dl/g, o que é conseguido num segundo estágio denominado polimerização no estado sólido. Neste processo, os grânulos, inicialmente amorfos, são aquecidos abaixo da  $T_m$  ( na faixa de 200-400°C ). O peso molecular aumenta conforme os subprodutos são removidos por aplicação de vácuo ou de um fluxo de gás inerte. A velocidade da reação depende da difusão do EG através do grânulo, que pode ser acelerada pelo aumento do fluxo de nitrogênio, por exemplo. Contudo, para uma dada condição de temperatura e tempo, existe um peso molecular máximo a partir do qual o aumento do fluxo não provoca mais nenhuma alteração. Ao final do processo, os grânulos estão cristalizados.

As garrafas de PET com dois litros de capacidade foram introduzidas no mercado norte-americano em 1997, sendo sua grande aceitação atribuída à características como leveza, boa resistência e transparência. Estes recipientes são obtidos pelo processo de moldagem por estiramento-sopro de preformas injetadas e requer um material com alta pureza e que cristalize lentamente. Ao serem injetadas, as preformas sofrem um resfriamento rápido, ficando com um grau de cristalinidade da ordem de 15%. Posteriormente, as preformas são aquecidas acima da temperatura de transição vítrea e expandidas sob alta pressão dentro de moldes frios. Desta forma é obtida a orientação biaxial que confere a alta performance mecânica das garrafas e causa um aumento do grau de cristalinidade que atinge 25-30%. Ainda assim, as garrafas são transparentes, provavelmente devido ao pequeno tamanho dos cristais formados durante o processo de orientação. Esses pequenos cristais minimizam o efeito de espalhamento da luz.

A coleta das garrafas é um problema que afeta o desenvolvimento da indústria de reciclagem de PET, pois não é a simples separação dos plásticos do lixo que viabiliza a reciclagem. Os plásticos devem ser separados pelos seus tipos genéricos para facilitar a purificação e



consequentemente, a obtenção de produtos reciclados de maior qualidade.

Um sistema de coleta bem sucedido para as garrafas de PET é aquele onde o consumidor retorna a garrafa ao ponto de compra (varejista). Dentre as formas possíveis para reciclar PET estão: a reciclagem mecânica, a química e a energética. Esta última é a menos vantajosa em termos de saldo de energia. Enquanto são necessários  $97,2 \times 10^6$  BTU para produzir uma tonelada de PET, incluindo a energia necessária para o refino dos hidrocarbonetos do petróleo, apenas  $23 \times 10^6$  BTU podem ser recuperados pela combustão da mesma quantidade de polímero.

#### **a) Reciclagem química**

A reciclagem química do PET se fundamenta na reversibilidade da reação de polimerização. Através de reações de hidrólise ou transesterificação degradativa (glicólise e metanólise), o PET é despolimerizado em monômeros e oligômeros que podem ser posteriormente repolimerizados. A grande vantagem deste procedimento é que não há restrição para o uso do PET assim obtido, já que é equivalente à resina virgem. Porém, não há motivação econômica, pois o produto fica mais caro que o PET virgem. Mesmo que se consiga tornar os processos mais econômicos, o custo será inevitavelmente maior em relação ao PET reciclado mecanicamente.

No processo de glicólise os flocos de PET reciclado são aquecidos com glicol etilênico para formar BHET e oligômeros.

Na despolimerização por metanólise PET pode reagir diretamente com metanol ou após uma etapa inicial de glicólise. A metanólise gera uma mistura de DMT e EG. É um processo mais caro, porém mais tolerante à presença de contaminantes que a glicólise.

#### **b) Reciclagem mecânica**

Os métodos utilizados na reciclagem mecânica das garrafas de PET pós-consumidas podem ser classificados em dois tipos gerais.

No primeiro tipo, mais comum, as garrafas são picadas com todos seus componentes. O material moído é lavado e purificado por diferença de densidade. Desse modo os materiais mais leves, como o polietileno, e os mais pesados, como o alumínio (presente em algumas tampas), são

separados num tanque de flotação/sedimentação ou em hidrociclones.

No segundo método são produzidos flocos de PET com alto grau de pureza. A limpeza e separação dos componentes das garrafas é realizada antes da moagem. As garrafas também podem ser separadas por cor, visto que para algumas aplicações é necessário que o PET seja incolor. O PET mecanicamente reciclado geralmente é rejeitado para o uso em embalagens de produtos alimentícios.

### **3.6) Problemas ambientais relacionados ao plástico. Existe solução?**

Hoje o plástico está presente de forma marcante em nossas vidas. As diversas vantagens que apresenta como fácil processamento, baixo custo de produção e suas características químicas e físicas, permitem a utilização dos plásticos nas mais diversas áreas. Entretanto, a durabilidade e resistência química dos plásticos causam problemas ambientais, já que sua degradação química e biológica é muito lenta.

O lixo plástico ocupa um grande espaço no refugo devido à sua elevada razão volume/peso, além de possuir problemas quanto à queima, pois, dependendo do polímero, pode haver a eliminação de gases nocivos para a atmosfera, como por exemplo, o cloreto de hidrogênio liberado na incineração do PVC.

Atualmente, um dos métodos mais empregados para diminuir o problema do lixo plástico é a reciclagem.

Geralmente, a reciclagem só é aplicada a termoplásticos, pois, os termorrígidos e os elastômeros não podem ser fundidos uma segunda vez. Em alguns casos, esses materiais são reaproveitados como carga finamente moída.

Um dos maiores problemas da reciclagem dos plásticos é que estes geralmente se encontram misturados ou contaminados por resíduos e sujeiras. Os resíduos presentes nos plásticos são fundidos como corpos estranhos, causando a redução na qualidade do produto reciclado. A identificação e separação dos polímeros misturados são processos difíceis e trabalhosos, mas muito importantes na reciclagem, pois a incompatibilidade entre os plásticos e a presença de vários

aditivos interfere nas características finais do produto.

Estes problemas podem ser reduzidos através da coleta seletiva realizada no próprio domicílio ou em postos de coleta, onde o plástico descartado é separado dos outros rejeitos presentes no lixo (vidro, metal, papel/papelão ), limpo e armazenado. A separação do lixo plástico também pode ser realizada em usinas de triagem. Atualmente, várias embalagens e artefatos possuem impressos em sua superfície símbolos que facilitam a separação dos diversos tipos de plásticos.

### **3.7) Vantagens econômicas, sociais e ambientais da reciclagem**

#### **3.7.1) Econômicas e sociais**

- \* Assegura renda em áreas carentes, constituindo fonte permanente de ocupação e remuneração para mão de obra;
- \* Injeta recursos nas economias locais, através da criação de empregos, recolhimento de impostos e desenvolvimento do mercado;
- \* Economiza até 95% de energia utilizada para produzir alumínio a partir da bauxita;
- \* Cada tonelada reciclada poupa a extração de 5 toneladas deste minério, matéria-prima do alumínio;
- \* Estimula outros negócios, por gerar novas atividades produtivas (máquinas e equipamentos especiais ).

#### **3.7.2) Ambientais**

- \* Favorece o desenvolvimento da consciência ambiental, promovendo um comportamento responsável em relação ao meio ambiente, por parte das empresas e dos cidadãos;
- \* Incentiva a reciclagem de outros materiais, multiplicando ações em virtudes do interesse que desperta por seu maior valor agregado;
- \* Reduz o volume de lixo gerado, contribuindo para a solução da questão do tratamento de resíduos

gerados pelo consumo;

\* Economiza energia de lixo gerado, contribuindo para a solução da questão do tratamento de resíduos gerados pelo consumo.

### **3.8) Números da reciclagem**

O Brasil é pentacampeão na reciclagem de latas de alumínio em países onde a reciclagem de embalagens não é obrigatória por lei. O país reciclou, em 2005, 96,2% das latas disponíveis no país, o que equivale a 127,6 mil toneladas de latas. Desde então, o país vem sendo seguido pelo Japão, Argentina e Estados Unidos embora existam países no mundo que possuam índices de reciclagem maiores que o brasileiro.

Embora este índice seja alto, não podemos nos esquecer de que ele é tão expressivo graças ao 1 milhão de pessoas recolhendo sucatas nas ruas do Brasil, número do qual não temos nada a nos orgulhar.

Entre 2000 e 2005, subiu de 10% para 24%, a participação de clubes e condomínios na coleta de alumínio, mostrando um maior engajamento da classe média.

### **3.9) Reciclar ou Reutilizar**

Reutilizar é uma conexão com o desperdício. Deve-se, portanto, reaproveitar tudo o que é possível, passar para outras pessoas o que não mais lhe serve e usar embalagens retornáveis. Um bom emprego é o artesanato com PET, vidro, papel, etc, a reutilização dos sacos plásticos de supermercados como sacos de lixo; o uso de embalagens de vidro ou plásticos como potes para usos diversos do lar.

Reciclar é o processo que já existe desde o início do século passado, com o crescimento da indústria gráfica, o papel foi o primeiro material a ser reciclado. O vocábulo reciclagem, entretanto, surgiu na década de 1970, quando as preocupações ambientais tornaram-se maiores, especialmente após os primeiros conflitos do petróleo.

Reciclagem é um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os detritos e reutilizá-los no ciclo de produção de que saíram. É o resultado de uma série de atividades pelas quais os materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos.

Uma outra forma de aproveitar os resíduos é a reutilização, que consiste em usar novamente o mesmo objeto ou produto conservando as funcionalidades operacionais.

A reciclagem, na maioria dos casos, só é possível industrialmente, mas a reutilização pode ser feita de maneira artesanal, quando, por exemplo, transformam-se garrafas de PET em sofás ou vassouras.

A reciclagem é encarada como uma forma de solução para a diminuição de lixo trazendo ganhos ambientais, pois permite a economia de energia em até 95%, como é o caso do alumínio, de água e reduz a extração de matérias-primas.

### **3.10) A reciclagem e a reutilização no Brasil e no Mundo**

A reciclagem é mais uma forma de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável. Uma vez que muitos materiais demoram séculos para se decompor na natureza, a reciclagem também contribui para diminuir o problema da coleta de lixo e da poluição. Ao reduzir a quantidade de lixo que precisa ser descartado, a reciclagem economiza terra e reduz o potencial de poluição da água e do ar. A reciclagem ainda ajuda a economizar a energia e água e a conservar as florestas e sua biodiversidade, já que, para cada 50 quilos de papel produzidos, é necessário o corte de uma árvore. Ao reutilizar os recursos podemos conservar recursos não-renováveis e reduzirmos a dependência norte-americana de minerais e energia importados. Exige-se menos energia para se fabricar produtos de materiais reciclados do que de materiais virgens. A energia economizada pela reciclagem de uma só lata de alumínio poderia manter acesa uma lâmpada de 100 watts, durante cerca de três horas e meia. A reciclagem é também uma possibilidade concreta de atividade econômica lucrativa. Além disso, a reciclagem dá empregos e fonte de renda para milhares de pessoas desempregadas. Dentre os vários materiais que podem ser reciclados, o alumínio é o mais

valioso. Isso porque sua produção, a partir da bauxita, exige um gasto de energia elétrica elevadíssimo, e a reciclagem permite uma economia energética de 95%. Além disso, a reciclagem ajuda a preservar as jazidas de bauxita, previstas para durar, no máximo, 100 anos. Há outros ganhos ambientais. A poluição da água é reduzida em 97% na reciclagem, em comparação com a produção a partir da matéria-prima, e a poluição atmosférica também é reduzida em 95%.

Nestes últimos anos, a coleta seletiva de lixo cresceu cerca de 66% a 70% em todo o país. Essa forma de coleta se caracteriza pela separação dos vários tipos de resíduos, o que permite o reaproveitamento de alguns materiais, como papel, plástico, vidro, alumínio, produto no qual o país é líder mundial em reciclagem. A maioria dos municípios brasileiros realiza esse tipo de coleta, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, mas em muitos a coleta seletiva atinge uma parcela muito pequena do lixo produzido.

A reciclagem recupera materiais valiosos e os devolve ao comércio. Empregos são criados e o dinheiro é restituído à economia através de materiais que, de outra forma, terminariam num local de despejo. O custo para se coletar e processar materiais recicláveis muitas vezes é menor do que o da coleta e remoção do lixo.

A reciclagem não é nova. Antigamente, nos EUA, já se fazia reciclagem, os comerciantes de sucata andavam pelos arredores das cidades com suas carrocinhas recolhendo, de casa em casa, baterias, sucatas de metal, trapos etc. Isso ocorreu nos anos anteriores de 1930.

Aquilo que vinha sendo reciclado, por conseguinte, era qualquer coisa que gerasse renda. Infelizmente para a sociedade moderna, tornamo-nos tão eficientes e diversificados que é mais barato para sociedades industrializadas, como os EUA, produzirem materiais desde o início, em vez de reproduzirem a sucata. Além disso, pelo menos em relação ao aço e também outros produtos como papel e plástico, há mais de 30 mil graduações desta liga que não são intercambiáveis. Na verdade, aços com graduações altamente especializadas devem ser produzidos a partir de fontes virgens, matéria-prima, a fim de se garantir o conteúdo químico e as quantidades necessárias. Quando o aço é produzido a partir de sucata, o resultado é uma amálgama de produtos

desconhecidos, com especificações incertas. O aço de eixo de carros e o de estruturas de automóveis, por exemplo, quando misturados não podem ser reutilizados para qualquer um destes propósitos, pois ambos têm propriedades especiais incompatíveis um com o outro. Isto não significa que ele não possa ser reciclado, mas explica porque tem tão pouco valor como sucata. Desde que seria dispendioso analisar e classificar cada graduação de sucata de aço antes de reutilizá-lo, o aço reciclado tem pouco valor para o usuário. Mesmo quando essa sucata é usada para produzir as graduações mais baratas de aço, frequentemente ela contém pontos duros e moles que se rompem quando são usinados, aumentando assim as despesas de produção para além de quaisquer economias. Os mesmos problemas ocorrem na reutilização do papel e do plástico. Isto esclarece por que tanto tempo é gasto na separação de materiais, antes da reciclagem de fato.

Um método usado na reciclagem de restos é misturar uma pequena porcentagem do material antigo com o material virgem. Por exemplo, pneus triturados finamente podem ser misturados com matéria-prima de pneus para produzirem novos pneus, contudo as quantidades de restos usadas só podem ser uma pequena porcentagem. Obviamente, os pneus são produzidos de acordo com os padrões de segurança. Identicamente, os recipientes plásticos reciclados muitas vezes se dividem ou quebram durante o uso. Portanto, a segurança e a confiabilidade são fatores importantes a serem considerados e levam à resistência na direção da reciclagem. Não se trata apenas do custo, mas de muitos outros fatores que devem ser superados para se conseguir um programa de reciclagem sólido.

Não há dúvida de que um grande fator contribuinte para a crescente demanda pública de reciclagem seja uma urgente conscientização de volume absoluto de rejeitos, produzido pela sociedade moderna.

### **3.11) A Reciclagem no ensino de química**

Verificamos como podemos realizar a coleta seletiva, como ela é importante e quais os principais produtos podemos separar. A separação do lixo deve seguir alguns critérios para que haja um perfeito entendimento, aonde quer que o material esteja. Por isso, alguns procedimentos foram

padronizados: os sacos plásticos utilizados para a coleta, apresentam cores variadas e especificações para cada tipo de lixo.

- 🕒 Lixo orgânico: **saco preto**
- 🕒 Lixo papel: **saco azul**
- 🕒 Lixo metal/aço: **saco amarelo**
- 🕒 Lixo plástico: **saco vermelho**
- 🕒 Lixo vidro: **saco verde**

Um bom exemplo de reciclagem é o feito atualmente no Instituto de Química da UFRJ. Pelos corredores do Instituto foram colocados lixeiras respeitando as cores padronizadas para coleta seletiva e também, identificadas com cada material a que se direcionam. Outro ponto positivo é que folhetos explicativos foram distribuídos e os corredores onde as lixeiras se encontram foram, devidamente, sinalizados.

Essa medida, bem como os rejeitos químicos gerados em laboratórios, da graduação e em maior parte, da pós-graduação são preocupações constantes da comunidade do IQ. Outro ponto importante é a conscientização sobre o lixo comum. Diferentemente do que é gerado pelos laboratórios da Universidade, o lixo comum, gerado por todos nós, a todo momento, deve ser tratado como outro grande problema e encarado com a mesma seriedade, tratamento que já é dado pelo projeto em questão. Um primeiro passo foi dado. Cabe a toda a comunidade docente e discente, colaborar com o projeto, descartando seus resíduos da maneira correta e que todos os alunos, criem a consciência ambiental que tanto falamos e tentem descartar seus resíduos de um maneira mais consciente.



## **Capítulo IV – O ensino de química e este projeto**

### **4.1) Tendências pedagógicas no ensino de química**

A educação em qualquer disciplina requer conteúdos e avaliações, porque os conteúdos são necessários para adquirir os conhecimentos e as avaliações, para verificar se o aluno realmente aprendeu ou não. O método tradicional é, ainda, necessário no ensino de qualquer disciplina. No método tradicional, os conteúdos são considerados como verdade. O método tradicional, além de fornecer conteúdos e avaliações, tem os seus erros, por exemplo, como considerar a educação como uma ditadura militar, castigar o aluno, considerar o professor como autoridade máxima e outras obrigações. Atualmente, algumas escolas mantêm o método tradicional, mas a maioria já adota o método progressista renovada. No método progressista renovada, o professor troca idéias com os alunos, e estes têm liberdade de expressarem as suas opiniões com o professor, para o ensino voltado ao cotidiano do aluno e suas experiências. Neste método, os conteúdos são importantes para o aprendizado do aluno, mas há discussão sobre o conteúdo dado. E as avaliações não são necessárias para verificar se o aluno aprendeu ou não. O professor não é o dono da verdade suprema e sim o propagador do saber aos alunos e isto é que foi demonstrado no método progressista renovado.

O ensino de química quando é dado sob uma forma tradicional, com teorias e provas, sem nenhuma experiência de vida para mostrar como exemplos, torna-se incompressível para os alunos. Atualmente, os professores perceberam a necessidade de se mudar a metodologia e os conteúdos dos livros de química. Em função de fenômenos tais como, efeito estufa, aquecimento global, chuva ácida, poluição da água pelos metais pesados, poluição do ar, a camada de ozônio etc, as pessoas começaram a se interessar mais pela química. Com isso os professores tiveram que reformular a disciplina da química e o seu próprio currículo. Por conseguinte, além da teoria e provas, os professores de química tiveram que mudar a metodologia de ensino de tradicional para o ensino progressista renovada e com isso, houve mais liberdade de discussões e troca de idéias com o

professor e os estudantes, relacionando os fenômenos da natureza e da poluição com a teoria e com a experiência de vida. Assim, os alunos começaram a compreender a importância da química.

Hoje em dia, a disciplina de química ainda é difícil para os alunos. Não existem métodos de ensino bons, não há interesse dos alunos na química, porque a química contém símbolos e mais símbolos, de difícil memorização para o aluno. Os alunos acham que a simbologia da química é uma escrita difícil. Não é fácil ensinar química, porque exige do professor longo tempo de formação em educação em química, assim como cursos de extensão e dedicação exclusiva ao magistério. Além disso, os baixos salários dos professores não ajudam a fazer cursos de pós-graduação e de ter dignidade de vida. E é por causa disso, que os professores se sentem desmotivados para se dedicarem a área do magistério.

Todos nós sabemos que dar aula de química não é fácil e mais ainda no ensino público do Estado, com os alunos desmotivados pelo cansaço por causa do trabalho, ou por problemas de famílias, ou ainda pelos alunos pensarem que o estudo pode não trazer segurança na vida profissional. Assim, a educação estaria em segundo plano para os alunos.

A educação ainda é uma alavanca para o bem estar social e para o próprio aluno. A educação desenvolve no estudante a capacidade para exercer a cidadania na sociedade, desenvolve o caráter e o intelecto, conseqüentemente, traz realização na vida.

Todos nós sabemos que ensinar qualquer matéria não é fácil, porque não faz parte da realidade do cotidiano do aluno.

Os alunos só aprendem verdades concretas e não abstratas. Então, explicar para os alunos sobre as formas geométricas das moléculas ou a ligação química das substâncias não é fácil, porque os alunos não compreendem elementos abstratos, só compreendem mostrando-lhes explicações com exemplos concretos.

Antigamente, os alunos não compreendiam a química, porque não existiam professores de química, com formação em ensino de química e também não havia demonstrações da química do cotidiano. Na verdade, existiam professores de outras áreas substitutos para tentar ensinar química.

Atualmente, há professores de química que lecionam e só nestes últimos anos, os livros de química foram modificados com as demonstrações do cotidiano da química na realidade do dia a dia.

Este projeto, da construção de estruturas moleculares a partir de garrafas PET, servirá como um grande reforço às aulas de química e para motivar o interesse dos alunos. Os modelos fornecem uma visão estrutural da substância química e a percepção da estrutura molecular, as ligações químicas e a geometria molecular da substância química.

## **4.2) O início do Projeto**

No início deste projeto as minhas idéias sobre reutilização não tinham muita utilidade, não eram inovadoras e nem faziam parte da educação em química.

Então a minha orientadora indicou algumas referências na área de ensino, com projetos de química e física, utilizando a reutilização de materiais, como o PET. Percebi então que as garrafas PET servem para fazer estruturas de moléculas. E conversei com a minha orientadora, que estava disposto a fazer modelos de estruturas químicas com as garrafas PET, e ela concordou e me autorizou a fazer este trabalho.

Inicialmente, quando se pensa em garrafa PET, parece ser fácil encontrar este tipo de material. No entanto, nem toda garrafa de PET era adequada para a construção dos modelos. Além disso, os átomos de hidrogênio foram representados por potinhos plásticos que armazenam rolo de filme fotográfico, um item cada vez mais raro no mercado. Mesmo assim não tive dificuldades para fazer os modelos utilizando as garrafas PET. Foi muito prazeroso trabalhar neste projeto.

O objetivo deste projeto é ensinar aos alunos a utilidade das garrafas PET na área de química, construindo vários modelos de substâncias químicas. Não é só ensinar a reciclagem das garrafas PET ou a reutilização destes materiais para construir mobílias de casa ou outros utensílios, que nós já conhecemos há muito tempo.

Na área de ensino, este projeto de construir modelos de substâncias químicas através de PET é uma criatividade nova, um ensinamento novo na área de química. Ninguém ouviu falar sobre este

projeto e nenhum professor falou ou ensinou sobre este modelo novo e criativo para seus alunos de química. Eu, por exemplo, nunca tinha ouvido falar sobre isso.

Voltando ao assunto de química, os modelos das estruturas químicas foram feitos de garrafas PET, o que demonstra um despertar novo no aluno. O aluno pode montar, desmontar ou construir modelos de moléculas para moléculas e continuar com essa brincadeira. Por exemplo, o aluno pode desmontar o modelo do etanol e construir o etano ou eteno.

#### **4.3) Utilização das cores**

As cores utilizadas para distinguir os átomos são: preto para carbono, vermelho para oxigênio e azul para nitrogênio. As cores não foram escolhidas por acaso e existe uma explicação para isto. O carbono é preto porque o carvão mineral e vegetal é preto. O oxigênio é vermelho por causa da hemoglobina e mioglobina. A hemoglobina é o pigmento vermelho do sangue da maioria dos animais. Ela é vermelha na presença de oxigênio, e azul quando não há oxigênio. Quando a hemoglobina reage com o oxigênio forma a oxihemoglobina. A oxihemoglobina libera o oxigênio nas partes do organismo que dele necessitam. Quando a carne fica em contato com o ar, os pigmentos reagem com o oxigênio molecular e formam um pigmento relativamente estável denominado oximioglobina. Este pigmento é responsável pela cor vermelha brilhante, que proporciona um aspecto atraente para o consumidor. A cor do nitrogênio é azul porque a nossa atmosfera é composta principalmente de nitrogênio, depois oxigênio e outros gases. Quando a luz solar atravessa a atmosfera, ela é diluída. E como a cor do nitrogênio é azul e está em maioria na atmosfera, ela a dilui e emite a luz azulada. Por isso que o céu é azul. A cor do hidrogênio é branca por causa da cor dos vapores d'água e quando se acumulam formam uma nuvem branca.

#### **4.4) Procedimentos para construir modelos moleculares de química**

O ensino de química, além de apresentar a experiência de química nos laboratórios, tem renovado com a química do cotidiano como mais um enriquecimento ao ensino de química.

Além de explicar a reciclagem para os alunos, a reutilização de materiais, tem renovado o ensino de química. Uma nova modalidade vem despertando a mentalidade dos mestres de ensino de química, que é a construção dos modelos moleculares através das garrafas PET.

Os alunos gostam de introduzir alguma idéia nova em sua vida e isso contribui muito em qualquer ensino, seja química, matemática, física ou até mesmo na área de ciências humanas.

No ensino de química tem-se renovado cada vez mais para a contribuição na área de educação do ensino médio.

Esta idéia de construção dos modelos moleculares pode despertar, não só o interesse dos alunos, mas o dos profissionais de qualquer área de educação também. Porque, além de envolver o interesse, os modelos moleculares fornecem uma compreensão geral como é o átomo, a molécula de uma substância química, a forma geométrica e a ligação química. Antes, os alunos até os professores de química não entendiam o porquê das substâncias químicas tinham essa forma geométrica, ou não compreendiam muito bem os pares de elétrons isolados ou a ligação dupla entre os átomos, ou que a molécula de água tinha essa forma geométrica angular. A construção dos modelos moleculares das garrafas PET dá esta oportunidade de compreender como é a forma geométrica da molécula. Além da compreensão da forma geométrica da molécula, o aluno ou estudante tem a idéia de visualizar como é a forma estrutural molecular da substância. O aluno tem a idéia de construir objetos que tornarão interessantes, concretas e palpáveis.

O custo da construção de modelos moleculares é muito baixo. Os materiais são de fácil acesso e baixíssimo custo.

Um outro objetivo do projeto é o de despertar o interesse dos alunos em construir objetos e produzir algo com as próprias mãos, de transformar o material disponível em objetos úteis. É isso que os professores do ensino de química devem incentivar: a criatividade dos alunos em projetos de ensino, que possam melhorar a compreensão do aluno com a química. Os alunos podem brincar e se divertir com as moléculas. Por exemplo, o aluno pode montar e desmontar a molécula do ácido acético em uma nova molécula de acetona ou transformar a molécula cis em uma molécula trans e

assim por diante.

O aluno, além de construir o modelo para a substância, aprende a química em si, desenvolve a sua criatividade, desenvolve também a percepção das formas geométricas das moléculas e ainda por cima se diverte bastante com essas moléculas.

Os materiais para fazer este projeto são: ferro de solda de ponta fina, estilete, tesoura, pincel, régua, rebidadeira, tinta preta, vermelha e azul, potes brancos e pretos de filmes fotográficos, rebites, caneta, garrafas PET.

Segue uma explicação geral para a confecção dos modelos:

Inicialmente, utilize os bicos de garrafas PET para montar os átomos. Usando uma caixa de sapatos para auxiliar, marque a linha que separa o bico até a parte da garrafa, completando oito centímetros aproximadamente. Corte a garrafa e guarde o restante para outros projetos. Para montar uma molécula, são necessárias quatro garrafas para cada átomo. Em seguida, pinta-se o interior dos bicos usando tinta plástica ou spray e espera-se secar.

Os hidrogênios foram representados por potes brancos utilizados para armazenar filmes fotográficos e as ligações simples foram feitas de potes pretos para juntar a molécula com molécula até formarem uma substância. Para montar um tetraedro de um átomo foram usados quatro bicos. Os bicos eram colocados dentro do outro, depois esses dentro de mais um, e, finalmente, os três dentro de um quarto. E acertando o conjunto, de modo que eles fiquem firmes e igualmente espaçados, na forma de um tetraedro. Com o ferro de solda aquecido, fura-se no meio de um dos lados do tetraedro e faz-se o furo exatamente da largura do rebite que eu vou usar, prendendo um rebite no furo que foi feito, sem deixar o tetraedro desmontar. Repetir isso nos locais desejados dos outros lados do tetraedro. Depois disso, pega-se os potes brancos de filme fotográfico e encaixa-os no bico da garrafa que contém a tampa da garrafa de cada bico, formando uma molécula simples. Para conectar dois átomos com uma ligação simples, usa-se um pote preto e corta-se o fundo do pote para encaixar as duas tampas de dois átomos de cada lado.

A primeira molécula construída foi a do metano, e depois as outras moléculas como a água,

a amônia, o etano e o etanol.

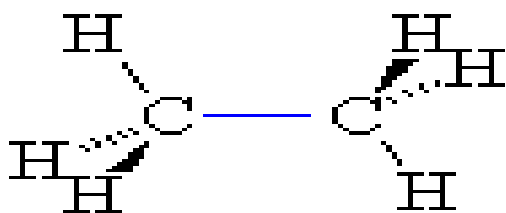
Existem moléculas que contêm ligação dupla. As ligações duplas foram construídas por eletrodutos. Corta-se pedaços de eletrodutos com quinze centímetros de comprimento, encaixando-os em cada bico de cada lado do átomo para fazer a ligação dupla. Como exemplo construímos o modelo do ácido acético, que tem uma ligação dupla entre o carbono e o oxigênio.

Este trabalho foi muito prazeroso para mim. Eu fiz estes modelos moleculares, porque eu gosto de trabalhar neste tipo de assunto. Eu sei que é muito trabalhoso para muita gente por causa dos materiais e do custo dos materiais, mas vale a pena fazer este trabalho, porque envolve criatividade, desenvolvimento da arte e da ciência, visão das moléculas e percepção da reutilização das garrafas PET para fazer moléculas, substâncias ou átomos.

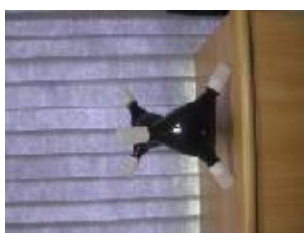
#### 4.5) Fotos das estruturas químicas confeccionadas com garrafas PET



**MOLÉCULA DE ETANO**



**ESTRUTURA MOLECULAR DO ETANO**

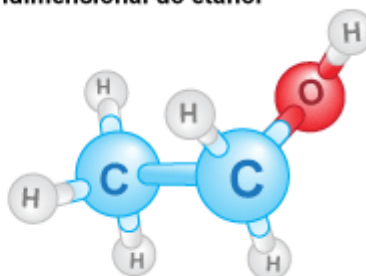
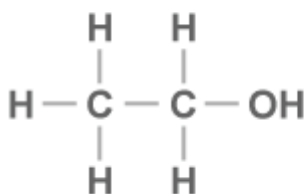


**ISOMERIA DA MOLÉCULA DE ETANO**



MOLÉCULA DE ETANOL

Estrutura química e tridimensional do etanol



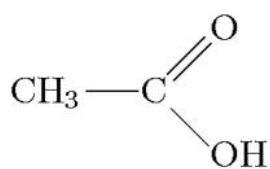
© 2007 HowStuffWorks



MOLÉCULA DE ÁCIDO ACÉTICO (VISTA DE LADO)



MOLÉCULA DE ÁCIDO ACÉTICO ( VISTA DE CIMA )



ESTRUTURA MOLECULAR DO ÁCIDO ACÉTICO

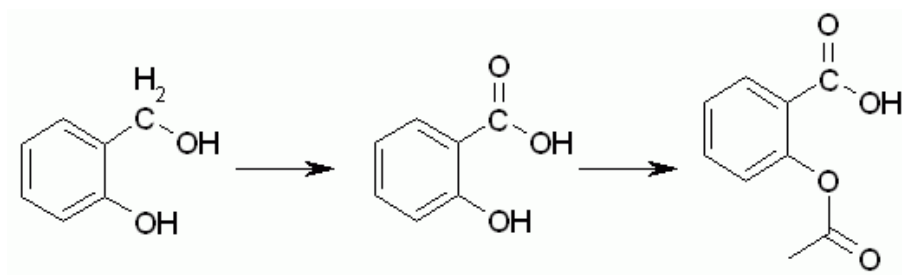




## MOLÉCULA DE ASPIRINA



## MOLÉCULA DE ASPIRINA (VISTA À LUZ NATURAL )



álcool salicílico

ácido salicílico

**Estrutura molecular da aspirina**

## **Capítulo V – Considerações finais e conclusões**

### **5.1) Discussões**

Basicamente, a estrutura escolar brasileira, permite ao professor, em suas aulas guiadas, a inserção de assuntos ligados diretamente ao dia-a-dia do aluno. Fica fácil para o professor mostrar ao aluno a real importância de sermos educados em relação ao tema ambiental. Na verdade, o homem é dependente exclusivo do meio ambiente, para que a qualidade de vida seja a melhor possível, ainda que, involuntariamente, não tenha essa noção.

Através das aulas práticas, pode-se conseguir fazer com que o aluno, verifique por si só, que o grande problema existe e não é uma mera invenção da ciência. Isto também ajuda a tirar da cabeça do aluno, a idéia de que Educação Ambiental, ou basicamente, muitos tópicos em ciência são apenas teoria. Teorizar a questão é justo e deverá ser válido, mas não somente isso.

### **5.2) Abordagem em sala de aula**

Para que o real objetivo seja alcançado, um ponto muito importante, sempre deve ser observado: a adequação da linguagem a ser utilizada. Desde aulas expositivas, seguidas de filmes, discussões, dinâmicas de grupo, enfim tudo deve ser usado de forma a se alcançar o fim desejado, que é atingir os alunos no tocante à consciência ambiental.

Mas a abordagem não deve ser vista como algo que vai ser prontamente aceita pelos alunos. Nem sempre, encontraremos alunos dispostos a receber de mente aberta, idéias e concepções novas sobre a vida. Por isso, muitas vezes poderemos nos deparar, no meio de um trabalho pedagógico com a pergunta: "pra que serve isto?". O professor deve ser maduro, o suficiente, para tentar explicar os objetivos do trabalho ao estudante.

### 5.3) Conclusões

Este projeto do uso das garrafas PET para a construção das substâncias químicas é uma das alternativas e um grande estímulo para os alunos. Este projeto trabalha não só com a química, mas também, com a arte. A ciência e a arte estão interligadas uma pela outra. Não dá para separar a ciência e a arte na minha opinião. E este projeto é um grande reforço para melhorar, não somente as aulas de química, mas também de outras áreas, como a física, a matemática etc. A maioria dos alunos tem aversão à química. Existem alunos que gostam de química e existem outros alunos que não gostam de química, matemática, física e outros. Hoje, jornais, televisão e outros meios de comunicação, que divulgam temas que abordam a educação ambiental como, por exemplo, aquecimento global, efeito estufa, chuva ácida, reciclagem, poluição do ar etc, fizeram com que a maioria dos alunos se interessassem mais pela química, que querem aprender sobre a origem desses fenômenos.

A vantagem dos modelos moleculares relaciona-se à facilidade de visualização, a percepção e a compreensão das ligações químicas, estruturas moleculares, da geometria molecular, dos pares de elétrons isolados, da estereoquímica e da própria química orgânica e suas reações orgânicas como, por exemplo, reação de substituição eletrofílica do benzeno. Além disso, os alunos ficarão mais interessados em construir modelos moleculares.

O projeto tem o objetivo de estimular a criatividade dos alunos, aguçar o instinto de construir utilidades, desenvolver o pensamento intelectual, o desenvolvimento das percepções e a compreensão da química do meio ambiente, da reciclagem e da reutilização de objetos.

## Referências Bibliográficas

- Almanaque Brasil 2003;
- Química e o meio ambiente reciclagem de lixo e Química verde. Apostila do curso de formação continuada, Instituto de Química, UFRJ, 2005.
- Fellenberg, Gunter; Introdução aos problemas da poluição ambiental; Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.
- <http://paginas.terra.com.br/lazer/staruck/lixo.htm> ( 26/07/07);
- [www.cienciaquimica.hpg.ig.com.br/meioambiente/efeitoestufa-ca-oz.htm](http://www.cienciaquimica.hpg.ig.com.br/meioambiente/efeitoestufa-ca-oz.htm)( 13/05/07 );
- [www.profcupido.hpg.ig.com.br/plasticos\\_reciclagem.htm](http://www.profcupido.hpg.ig.com.br/plasticos_reciclagem.htm) ( 25/07/07 );
- [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br) ( 25/07/07 );
- Apostila do curso básico intensivo de plásticos (UFF) ( 26/07/07 );
- Mateus, Alfredo Luis, Moreira, Marcos Giovanni. Construindo com PET: como ensinar truques novos a garrafas velhas. Belo Horizonte: Fundação Ciência Jovem, 2005.